

BUDAI LÁSZLÓ

EGYSZERŰ HŐÜSSZEGMÉRÉS

Abstract: Measuring the amount of heat is often needed when carrying out research in the field of ecology. The instruments that have been used so far cannot be applied any longer because of their bigger size and great value.

This paper presents a simple method of measuring the amount of heat, which is based on the vaporization of isopropil-alcohol. By measuring the vaporization at intervals of 5--10 days the amount of heat can be calculated with the help of a computer program.

A hőösszeg mérése, illetve számítása az ökológiai kutatásokban szinte elengedhetetlen. Az egyes növényi fenofázisok megjelenése -- egyéb tényezőket is figyelembe véve -- szoros összefüggésben áll a kapott hőösszeggel.

Fehér és Bessenyei 1933-ban bevezették a R-tényező fogalmát:

$$R = \text{talajhő} + 10 \times \text{talajnedvesség}.$$

A makroszkópikus gombákra vonatkozóan Ubrizsy G. 1938-tól végzett vizsgálatai bebizonyították, hogy az 5--10 cm mélységben mért talajhőmérséklet- és talajnedvesség-értékekből képzett R-tényező igen jól jellemzi a kalapos gombák mennyiségi viszonyait.

Érdekes, hogy a korreláció elég szorosnak mutatkozott annak ellenére, hogy az évenkénti mérések száma kevés volt. A növénytani kutatásoknál elfogadott $p = 5\%$ -os tévedési valószínűségi szinten a kapott korrelációs koefficiensek egyértelműen szignifikánsnak tekinthetők. Ebből következik, hogy az R tényező pontosítása és az egyes fajokra történő kiszámítása erődögazdaságilag is kívánatos.

A talajhőmérséklet folyamatos mérése azonban igen nagy munkát kíván a kutatótól. Ahhoz, hogy valamely időszakban az átlagos hőmérsékletet kiszámíthassuk, naponta akár többszöri mérést is el kell végeznünk. Majer J. (1959) mikroklíma mérései azt mutatják, hogy nyílt térség esetén a talaj 5--10 cm-es mélységében a napi hőingadozás májusban akár 20 °C-ot is meghaladhatja. Ugyanakkor bükkösben, júliusban kevesebb, mint 5 °C napi ingadozást mértek. Ilyen esetekben tenát kevesebb mérés is viszonylag pontos eredményt adhat.

Az ökológus szemével nézve már az is nagy eredményt jelent, ha a hőösszeget 7--10 napi bontásban látja.

Mivel a Szeljanyinov-féle hő összeg ($\sum T$) a napi átlaghőmérséklet összege, logikus, hogy egy adott időszak átlagos napi talajhőmérséklete úgy kapható meg, hogy a $\sum TK$ összeget elosztjuk az eltelt napok számával. A hőösszegmérésre két lehetőség van:

- időszakonkénti mérésekkel közelíteni a hőösszeget vagy
- termográfot helyezni ki a terepre.

Az első módszer pontossága a mérések számától, időpontjától, valamint a helyszíni jellemzőktől függ (erdő és avartakaró jelenléte, kitettség, földrajzi hely stb.).

A termográf tökéletes módszernek tekinthető, de túl drága ahhoz, hogy a mikroklímát több helyen mérhesse. Az erdei tisztásokon, sőt még egy fa északi és déli oldalán is mások a hőmérsékleti viszonyok, mint az erdő egyéb részein. A megoldást az nyújtja, ha a termográfot az adott időtartamra kihelyezik, és időnkénti hőmérőzéssel az adott területen a hőmérsékleti gradienseket megállapítják (Erdős L. szóbeli közlése alapján). Ez sem nyújt azonban megoldást abban az esetben, ha az összehasonlító vizsgálatokat nagy területen végzik vagy a következő terepszemlére egy héten belül nincs lehetőség. A termográf óraszerkezete ugyanis egy hétig működőképes.

Az egy hétnél hosszabb időtartamok hőösszegmérése, és így az átlagos napi középhőmérséklet kiszámítása azonban máshogy is lehetséges. A következőkben olyan eszközt mutatok be, amely kis mérete, olcsósága ellenére is viszonylag pontos hőösszegmérést tesz lehetővé.

Mérési elv

Valószínűleg sokakban felvetődött a gondolat, hogy egyes anyagok párologtatása segítségével, az elpárolgott vagy visszamaradt anyagmennyiség mérésével esetleg jellemezni lehetne a hőösszeget.

A fizikai kémiával foglalkozók azonban jól tudják, hogy a folyadékok gőznyomása és az abszolút hőmérséklet közt nem lineáris, hanem logaritmikus a kapcsolat. Nagyobb hőmérsékleti tartományban ezt az összefüggést az Antoine egyenlet fejezi ki, amelynek képlete:

$$\log p = A - B/T, \quad \text{ahol } p \quad \text{a gőznyomás,} \quad (1)$$

A és B állandók,

T az abszolút hőmérséklet (K^0).

Ez azt jelenti, hogy egy folyadék párolgásának képe a hőmérséklet függvényében is logaritmikus, tehát nem lehet belőle visszakövetkeztetni egyértelműen az átlaghőmérsékletre. Minél nagyobb a hőingadozás, annál pontatlanabb értéket kapunk.

Ezenkívül maga a párolgás még egyéb más tényezőktől is függ (párolgó felület nagysága, a párologtató edény adhéziós ereje, a külső légnyomás változása, a levegőben lévő gázok és gőzök nyomásviszonyai stb.). Ez indokolja azt, hogy a párolgásra vonatkozó adatokat tapasztalati úton szerzik, mérésekkel. A kapott adatok alapján számítják ki az Antoine egyenlet állandóit.

Anyag és módszer

A módszer gyakorlati megvalósítása igen egyszerű, csupán az alkalmazás terén felvetődő elméleti problémák megoldása jelent némi nehézséget.

Ahhoz, hogy megfelelően pontos módszer álljon rendelkezésünkre a hőösszegméréshez, a következő problémákat kellett megoldani.

- Melyik az a folyadék, amelynek párolgása:

- a) megfelelően lineáris a hőmérséklet függvényében, és
- b) legkevésbé függ a levegőben lévő gázok és gőzök minőségétől és parciális nyomásától;

- fagypont alatti hőmérséklet mérésére is alkalmas;

- Milyen legyen a párologtató edény, ha azt terepmunkára használjuk;
- Hogyan valósítható meg a terepen a párolgás mérése;
- Milyen módszerrel lehet a terepen mért párolgási adatokból vissza-következtetni a hőösszeg nagyságára;
- Elég pontos-e a módszer; milyen feltételek mellett alkalmazható;
- Vannak-e előnyei a hőmérőzéssel szemben.

A kérdésekre adott válaszok:

A legmegfelelőbb folyadéknak az izopropil-alkoholt (2-propanol) találtam, mivel könnyen beszerezhető és kicsi a nedvszívó képessége. A levegőből megkötött pára ugyanis növeli a folyadék súlyát, ami a mérési eredményeket meghamisítja. Ezért fontos a terepen az állandó vízgőztlenítő beállítása, ami $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ segítségével történik.

Párologtató edényként a mindenki által jól ismert porampullát választottam (1. ábra).

Az edények párologtatási együtthatóinak kiszámítása

A 8 cm^3 -es ampulla oldaláról az alumínium abroncsot eltávolítjuk. Alapos mosás és szárítás után a gumidugó közepébe egy 24 mm-es szívószáldarabot illesztünk úgy, hogy az a dugó aljáig érjen. Az üveget 5 ml izopropilalkohollal (2-propanol) töltjük fel. A szívószálat a gumidugó fogja szorosan körül, hogy mellette párolgás ne legyen! Ezt úgy érhetjük el, hogy egy szöggel először kilyukasztjuk a gumidugót, aztán nyomjuk bele a szívószálat. A dugót parafilmmel vagy zsugorfóliával jó erősen körbetekerjük, az üveg szájához erősítjük. Minden egyes üveget megszámozunk, ugyanis az egyes üvegeknek más és más lesz a párolgási egyenlete. Ennek kiderítésére az üvegeket termosztátba helyezzük. A hőmérsékletet változtatva a folyadék párolgása a szívószálon keresztül változó mértékű.

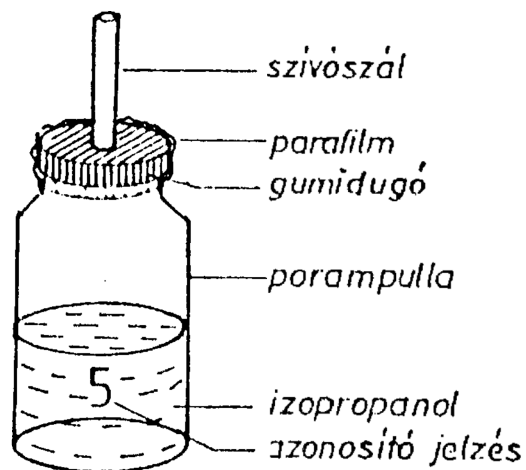
Mindegyik hőmérsékleten naponta 4 tizedesjegy pontossággal megmérjük, hogy hány grammal csökken a propanollal megtöltött üvegek tömege. A kapott értékekből kiszámítjuk, hogy egy nap alatt egy adott üveg egy adott hőmérsékleten mennyit párologtat. A termosztátban lehetőleg állandó nedvességet tartunk, pl. egy tálba helyezett $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -val. Tapasztalataim szerint a párolgást a levegő nedvességtartalma csak elhanyagolható

mértékben befolyásolja. Miután egy adott üvegre az egy napi párolgási adatokat kiszámítottuk, már csak az Antoine képlet A és B állandóit kell meghatározni. A számítás linearizált logaritmikus regresszióval oldható meg, amelynek menetét bonyolultsága miatt nem közlöm, mellékelem viszont a számítógépes programját, amelyet ZX-Spectrum típusú gépre írtam (1. program). A program Commodore típusú gépeken is működik, a következő változtatásokkal:

A LET utasításokat elhagyjuk, a THEN GOTO összetett utasítás helyére pedig csak THEN-t írnunk. A program rövidíthető, ha a PRINT-ek helyébe ?-eket teszünk.

1. ábra

A hőösszegmérő rajza



1. program

```
10 INPUT "ADATPAROK SZAMA :";N
20 DIM X/N/
```

```
30 DIM Y/N/
40 LET S=0: LET P=0: LET Q=0
50 FOR I=1 TO N
60 PRINT I;".ADAT: "
70 INPUT "HOMERSEKLET C-fok: ":X/I/
80 PRINT X/I/ ;".C-fok "
90 LET X/I/=1000 //X/I/+273.15/
100 LET S=S+X/I/
110 NEXT I
120 LET S=S/N
130 FOR I=1 TO N
140 LET K=X/I/-S
150 LET Q=Q+K * K
160 NEXT I
170 LET W=0:LET E=0:LET L=0:LET D=0:LET P=0
180 FOR I=1 TO N
190 PRINT
200 INPUT "1 NAPI PAROLGAS /gr./: ";Y/I/
210 PRINT I;". ADAT: ",Y/I/;" gr.
220 LET L=Y/I/
230 LET L=LN /L/
240 LET P=P+L
250 NEXT I
260 LET P=P/N
270 FOR I=1 TO N
280 LET D= Y/I/
290 LET D= LN /D/
300 LET D=D-P
310 LET W=W+D * D
320 LET K=X/I/-S
330 LET E=E+K * D
340 LET H=W-E * E/Q
350 NEXT I
360 LET B=E/Q
370 LET A=P-B * S
```

```
380 PRINT "A NAPI PAROLGAS EGYENLETE:"
390 PRINT "LN /p/ = ";A;" ;B * 1000;" /T.absz."
400 PRINT "KORRELACIO: ";
410 PRINT "R = ";E/SQR /Q * W/
420 PRINT "HIBA SZORASA /MQ/ = ";H
430 PRINT "SQx = "; Q
440 PRINT "SQy = "; W
450 PRINT "SP = "; E
460 PRINT: PRINT "A KOVETKEZO UVEG ",
470 PRINT "PAROLGASI ADATAI : "
480 GOTO 170
```

Jelölések

*	-- szorzás
/ /	-- zárójel
/	-- osztás

Az első program működése

A program először kérdezi az adatpárok számát. Egy adatpár egy hőmérsékleti értéket és a hozzá tartozó 24 órás párolgási értéket jelent. Ezután a hőmérsékleti értékeket a mérés sorrendjében beütjük. Az utolsó érték után kérdezi a gép az adott üveg párolgási értékét grammban kifejezve. Az egyes párolgási értékeket szigorúan csak a hőmérsékleti értékek sorrendjében szabad beütni!

Az utolsó adat beütése után a gép kiadja a párolgási egyenletet

$$LNp = A - B/T. absz. \quad (2)$$

formában, ahol a A és B helyett már a konkrét állandók szerepelnek. Ez lesz az adott üveg egyenlete. Ezután a korreláció értéke következik, amit R betű jelöl.

A táblázatban (1. táblázat) az adatpár.k számához megkeressük a megfelelő $R_{0,1} \%$ abszolút értéket. Ha a gép által közölt R érték nagyobb,

mint a táblázatbeli, akkor az üveg alkalmas a hőösszegmérésre. Ha kisebb, akkor kiselejtezzük.

Mivel az egyes üvegcsék A és B állandói, valamint R-értékeik eltérőek, ezért sajnos mindegyiket be kell mérni, mielőtt a terepre kihelyeznénk azokat. A gép által kiírt többi adat alapján a konfidenciahatárok megállapíthatóak; ezt itt nem részletezem.

Kísérleteimet tíz üveggel végeztem, ezek egyenleteit a táblázat mutatja (2. táblázat).

A *-gal megjelölt üvegek nem alkalmasak a hőösszegmérésre.

1. táblázat

$R_{0,1}$ % korrelációs értékek táblázata

Adatpárok száma	$R_{0,1}$ %	Adatpárok száma	$R_{0,1}$ %
4	0,9990	19	0,6932
5	0,9912	20	0,6787
6	0,9741	21	0,6652
7	0,9507	22	0,6524
8	0,9249	23	0,5974
9	0,8982	32	0,5541
10	0,8721	37	0,5189
11	0,8471	42	0,4896
12	0,8233	47	0,4648
13	0,8010	52	0,4433
14	0,7800	62	0,4078
15	0,7603	72	0,3799
16	0,7420	82	0,3568
17	0,7246	92	0,3375
18	0,7084	102	0,3211

2. táblázat

Tíz üveg párolgási egyenletei

1. $\text{LN}(p) = 18.865241 - 6600.7735/T$	$R = - 0,9982$
2. $\text{LN}(p) = 20.904400 - 7263.8951/T$	$R = - 0,9956$
3. $\text{LN}(p) = 14.966166 - 5531.7811/T$	* $R = - 0,9893$
4. $\text{LN}(p) = 18.518977 - 6559.9052/T$	$R = - 0,9974$
5. $\text{LN}(p) = 18.858991 - 6665.9944/T$	$R = - 0,9987$
6. $\text{LN}(p) = 20.511290 - 7064.6695/T$	* $R = - 0,8438$
7. $\text{LN}(p) = 22.167416 - 7586.0221/T$	* $R = - 0,8783$
8. $\text{LN}(p) = 17.569418 - 6198.8309/T$	* $R = - 0,9683$
9. $\text{LN}(p) = 19.988741 - 6992.8890/T$	$R = - 0,9969$
10. $\text{LN}(p) = 18.560321 - 6583.0279/T$	$R = - 0,9954$

A hőösszegmérés kivitelezése

Az üvegcsét a terepre visszük, és megfelelően hosszú műanyagcsőbe téve, hogy ne szennyeződjön, a talajba süllyesztjük a megfelelő mélységbe. A csövet mindkét végén bedugaszoljuk úgy, hogy a talajból kb. 5 cm a felszín fölé kerüljön. A felszín feletti része oldalt lyukacsos legyen úgy, hogy a folyadék párologni tudjon, de a víz és a bogarak ne juthassanak be rajta! A műanyagcső aljára célszerű $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ -t helyezni úgy, hogy az az üveggel ne érintkezzen. A $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a megfelelő szinten tartja a páratartalmat a csőben, amíg el nem folyósodik. Ekkor kell cserélni. Így módon elkerülhető a mérést zavaró páralecsapódás is. Méréskor, pl. tíz nap múlva az üveg tömegét hordozható patikamérlegen lemérjük. A mérés elérhető legnagyobb pontossága 0,005 gramm.

Az adatot és az üveg számát feljegyezzük. A súlyból a hőösszegre való visszakövetkeztetés számítógépes program segítségével történik (2. program). Mielőtt azonban a program működésére rátérnénk, a számítás elméleti alapjairól is kell szólnom.

A hősszeg visszaszámításának elméleti alapjai és relatív hibája

Mint már említettem, a módszer nem ad teljesen pontos hősszegértéket, mivel a párolgás a hőmérséklet függvényében exponenciális görbét ad. Az ismertetett módszer esetén azonban a görbe 5--10 K⁰-os szakasza közel egyenesnek tekinthető, azaz kis hőingadozás esetén (pl. bükkösben) közel egy fokos hősszeg-pontosságot érhet el tíz napos viszonylatban.

A valódi hősszeg és a számított közötti különbség megadása egzaktan minden egyes esetre nem lehetséges. Egyrészt azért, mert ez az eszköz a 0°C alatti tartományban is mér -82 °C-ig és negatív hősszeget nem értelmezhetünk. Csak az a megoldás lehetséges, hogy °C helyek °K-val dolgozunk. Másrészt a különbséget leíró egyenlet egy sok valószínűségi változós differenciál-egyenlet, amelyet felesleges közölnöm, hiszen nem lehet megoldani.

A megoldáshoz ugyanis ismerni kellene minden egyes időpillanatban a hőmérsékletet, ami lehetetlen, hiszen éppen ezek összegét mérjük. Józan meggondolás alapján azonban ez a probléma nem is olyan bonyolult. Ha ugyanis egy hosszabb időszak (pl. egy hónap) napjainak teljes hőmérsékleti görbáját felrajzoljuk, akkor azt tapasztalhatjuk, hogy a hőmérséklet minimuma és maximuma közötti értékek bármelyike -- ideális esetben nagyjából azonos valószínűséggel fordul elő. Ismerve az adott terület hőmérsékleti minimumát és maximumát -- ami min.-max. hőmérővel mérhető -- egy adott időszakra számítógépes szimulációs programmal kimutatható, hogy módszerünk hány fokkal mért többet a valóságos hősszegnél.

Ezt a szimulációs programrészt a 2. programba építettem be.

A program működése

A 2. program először az adott üveg együtthatóit kéri be (lásd (2)-es képlet) olyan formában, hogy mind A-t, mind B-t pozitív formában kell megadni. A párolgás egyenletét a gép ellenőrzésképpen kimutatja. A terepen, adott időtartam alatt mért párolgási értékek (gramm) és az eltelt napok számának tizedesjegyre pontos beütése után a korrigálatlan hősszeget kapjuk °C-ban. A negatív hősszeg elkerülése végett célszerűbb az abszolút hőmérsékleti értékekkel dolgozni.

Ezután a gép kérdezi a napi hőmérsékleti minimumot és a legnagyobb hőingadozást. Ezek hiányában a hőingadozást 5°C pontossággal a terepviszonyokat is figyelembe véve a meteorológiai állomások odavonatkozó adatai alapján vagy a meteorológiai térképek alapján becsüljük. A kapott többletérték levonása után eredményként jelentkezik a valódi hőösszeg.

2. program

```
10 PRINT "----- HOOSSZEGSZAMITAS -----"
20 INPUT " 'A' egyutthato: ";A
30 PRINT "A= ";A
40 INPUT " 'B' egyutthato: ";B
50 PRINT "B= ";B
60 INPUT " OSSZES PAROLGAS /gr./ ";S
70 PRINT "PAROLGAS: ";S;" gr."
80 INPUT "NAPOK SZAMA: ";N
90 PRINT "A PAROLGAS EGYENLETE:"
100 PRINT:PRINT" LN /p/ = ";A; "-B;" /t.absz."
110 PRINT:PRINT" A KORRIGALATLAN HOOSSZEG:"
120 PRINT:PRINT
130 PRINT INT/N * /B/ A/ -LN /S/N// -273.15//;" C-fok
140 LET T=0:LET P=0:LET J=0:LET C=0:
    LET V=0:LET K=0:LET Y=0
150 PRINT "RANDOM HOOSSZEGKORREKCIO"
160 LET Z=1
170 INPUT "HOMERSEKLETI MINIMUM: ";M
180 INPUT "HOINGADOZAS MAX. ";I
190 PRINT "HOMERSEKLETI MIN.: ";M;" C-fok":
    PRINT "HOINGADOZAS: ";I;" C-fok"
200 LET H=I * RND +M
```

```
210 LET T=H+273.15
220 LET P=A- /B / T/: LET P=2.718282↑P
230 LET J=J+P / 24
240 LET C=J / Z
250 LET V=V+T
260 LET K=V / Z
270 LET Y=B / /-LN /24 * C/ +A/
280 IF Z=N * 24 THEN GOTO 320
290 LET Z=Z+1
300 GOTO 200
310 PRINT Z/24;" NAPI PAROLGAS"
320 PRINT INT //Y-K/ * Z / 24+0,5/;" C-fok"
330 PRINT" HOOSSZEGTOBBLETET EREDMENYEZ;"
340 PRINT "EZT A KULONBSEGI ERTEKET VONJA"
350 PRINT "LE A KORRIGALATLAN HOOSSZEGBOL!"
360 PRINT "A KAPOTT ERTEK A VALODI "
370 PRINT "HOOSSZEGHEZ ALL KOZEL. "
```

Jelölések

*	--	szorzás
/ /	--	zárójel
/	--	osztás

Következtetés

A valódi hőmérsékletmérés és a felvázolt eszközzel mért hőösszeg közötti különbségek nagyságára vonatkozóan szimulációs kísérleteket végeztem. Tapasztalataim a következők:

- ha a hőingadozás 5°C alatt van, akkor a mérési módszer tévedése napi $+ 0,3^{\circ}\text{C}$ -nak vehető;

- 10 °C-nál nagyobb hőingadozás + 1,0 °C;
- 20 °C-nál nagyobb pedig + 1,6 °C napi eltérést eredményezhet;
- 15 °C-nál alacsonyabb átlaghőmérséklet és 5 °C-nál kisebb hőingadozás esetén a napi eltérés kisebb, mint 0,5 °C.

Mivel a hordozható patikamérleg mérési pontossága legjobb esetben is csak 0,005 gramm, ezért a mérőeszközt (hőösszegmérő) minimum 5 napos időközönként mérjük le. A párolgás nagysága és egyéb fizikai tényezők hatása miatt 20 napnál tovább ne hagyjuk a terepen, hanem töltsük fel újra 5 ml-re!

Egyelőre még tisztázatlan, hogy a folyadék fogyása miként befolyásolja a párolgási egyenlet konstansait hosszabb időtartam esetén, illetve az, hogy az újabb feltöltés megváltoztatja-e azok értékeit.

IRODALOM

- Hortobágyi I. -- Simon I.: Növényföldrajz, társulástan és ökológia.
Bp. Tankönyvkiadó, 1981.
- Konecsni I.: Adatok a gombamennyiség és a talajnedvesség összefüggéséhez. Mikológiai közlemények 2. 1969.
- Major A.: Magyarország erdőtársulásai. Bp. Akadémiai Kiadó, 1968.
- Péczely Gy.: Éghajlattan. Bp. Tankönyvkiadó, 1979.
- Rácz Gy.: Fizikai kémiai példatár I. Bp. Tankönyvkiadó, 1979.
- Sváb J.: Biometria módszerek a mezőgazdasági kutatásban.
Bp. Mezőgazdasági Kiadó, 1967.
- Ubrizsy Gy.: Újabb vizsgálatok az erdőtípusok talajlakó nagygombáinak társulási viszonyairól.

JANUSZ HERZNIAK

KÜZÉP-LENGYELORSZÁG LÁPJAI

ABSTRACT: (The Peatlands of Central Poland) The work deals with the genesis and ecological and geographical conditions of the formation of peatlands. Connected with it their climatical and phytosociological differentiation is surveyed on the example of a hundred kilometers long valley of the Widawka river (Central Poland). The work also presents the state and the forms of protection of these ecosystems in Poland.

A lápok tartósan és erősen nedves, jellegzetes növényzettel borított területek. A növényzet elhalt maradványai évente részlegesen bomlanak el és ásványosodnak.

Ilyen módon keletkezik a tőzeg, azaz látható növényi szerkezettel rendelkező, szivacsos, szerves üledék. Ez a folyamat a megfelelő geomorfológiai, hydrobiológiai, éghajlati, trofikus feltételek és korlátozott levegőmennyiség mellett zajlik le.

Az altalaj áteresztőképességétől és a víz mozgásképességétől függően -- amelyek hatással vannak az adott hely termékenységére -- különböző növénytársulások és különböző típusú lápok fejlődnek ki.

Három fő típust különböztetünk meg, ezek:

- a síklápok (fens), forráslápok;
- az átmeneti lápok (transitional peatbogs);
- a dagadólápok (raised peatbogs), fellápok.

A dagadólápok (Oxycocco-Sphagnetea), más néven ombrofil lápok, ezeket

főképpen a csapadékvíz és csak részben a kis mozgásképesességű és ásványi anyagokban szegény talajvíz látja el. Ebből kifolyólag a lápanyagokban szegény, azaz oligotróf, illetve dystrof ökoszisztémák közé tartoznak.

Nem úgy a síklápok (forrás), illetve reofil lápok, amelyek kapcsolatban vannak a mozgékony, ásványi anyagokban gazdag, átfolyó vizekkel, ezek az eutrof, illetve mezotrof társulások közé tartoznak. A síklápok növénytársulásai leginkább a szárazföldi állóvíztárolók, illetve folyóvízi partok menték (*Phragmitetea*), a mozgékony kiszivárgó és forrásvizek által bőségesen ellátott területeken (*Caricetalia davallianae*), valamint a kevésbé mozgékony (mezotrof) vizek által ellátott talajokon (*Caricetalia fuscae*; *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*) találhatók (1. ábra).

Átmeneti lápok -- ezek a hidrológiai és trófikus szempontok alapján a harmadik láptípus (*Scheuchzerietalia palustris*), amely gyakran a fejlődő dagadólápok regenerációs komplexusában fejlődik ki --, megindítja és megelőzi a tápanyagokban szegény területeken történni dagadóláp képződést (1. kép).

Lengyelország a topogén, vagyis olyan lápok térségében fekszik, amelyek fejlődése a terület domborzati viszonyaihoz kötött. Ezek leggyakrabban a síklápok, amelyek mélyedésekben és folyók völgyeiben fejlődnek ki.

A legkedvezőbb feltételeket az ilyen típusú lápok fejlődéséhez a változatos, korai jégkorszaki eredetű és völgyes táj teremti meg, mivel gazdag glaciális viszonyokban, számos lefolyástalan mélyedéssel, víztartó dombokkal és csatorna típusú tavakkal rendelkezik. Ezeket a tájakat Észak-Lengyelországban találhatjuk meg, az utolsó jégkorszak morénás területein (2. ábra).

Ezzel szemben a dagadólápok (ombrogén) fejlődése azokra a területekre korlátozódik, amelyeken az évi csapadék mennyisége a 600--700 mm-t meghaladja.

Lengyelország az európai dagadólápok elterjedési határán fekszik. A dagadólápok komplexusai az ország északi részén, az ártereken (főleg a Balti-tenger partján) és a hegyekben (elsősorban a Szudéták (2. kép) és Podkarpacie (Bory Nowotarskie) találhatók meg (Pawtuwski, Zarzycki 1978).

Ugyancsak a hegyekben fordulnak elő az ún. szoligén lápok. Ezek a területek viszonyoktól némileg függetlenül képződnek és a csapadékvizeket használják fel; hasonló módon keletkeznek az atlantikus (óceáni) éghajlatú

területeken (pl. Brit-szigeteken) a fellápok (Obidowicz 1973, 1976).

A fentiekkel kapcsolatban a legtöbb lápterület a tengermenti, északi vidékeken fordul elő, a legkevesebb pedig az ország déli részén.

A lengyelországi lápterületek száma kb. 49.000, ezek összterülete kb. 13.000 ha, ami az ország területének 4,1 %-át teszi ki -- ebből Észak-Lengyelország 7,7 %-ot tesz ki a lápterületek, Közép-Lengyelországban 3,2 %-ot, viszont az ország déli részének csak 0,4 %-át (Jasnowski, 1978. (1. tábla) Ezzel egyidejűleg végzett becslési számítások szerint legnagyobb a síklápok területe: 90 %, a dagadólápoké 6,5 %, a fennmaradó 3,5 %-ot az átmeneti lápok foglalják el (Pawtowski, Zarzycki 1972). A lápok utolsó teljes és folyamatos fejlődése Lengyelország területén -- főleg az északi és a középső területeken -- az utolsó eljegesedés (G. IV. - Würm: 70- 10.000 évvel ezelőtt kezdődött.

A lápok eljegesedés utáni képződésének folyamatát a topogén hatások indították meg, az ombrogén lápok kialakulása viszont később kezdődött, átlagosan kb. 6.000 évvel ezelőtt (a legidősebbek 8.600 évesek, ezek a Szovjetunió európai területén találhatók), amikor a lőzegnoha (*Sphagnum*) fejlődését kedvezően befolyásoló, nedves éghajlat alakult ki (Obidowicz 1976).

A dagadólápok jelentősen eltérnek a többi láptípustól, úgy keletkezésük, térbeli, hydrografikus jellemzőik, biocönótikus képiük, eltérő flórájuk, mint sajátos térképi felépítésük szerint. Azok közé az ökoszisztémák közé tartoznak, amelyek nagyon érzékenyek a környezet változásaira, éppen ezért erősen veszélyeztetettek.

Fitoszociológiai szempontból általában olyan csoport komplexust alkotnak, amelyek leggyakrabban két különböző fitocönózisból állnak. Ezekből az egyik -- az Oxycocco-Sphagnetea osztályából -- kis kiemelkedéscet, úgynevezett zsombékot, a másik -- általában Scheuchzeriaetalia palustris rend és Scheuchzeria-Caricetea fuscae osztály -- zsombékok közötti mélyedéseket, úgynevezett semlyékeket foglal el.

Ilyen módon képződik eléggé szoros zsombók-semlyék rendszer, amely különféle hydrológiai feltételekkel rendelkezik és két, florisztikailag különböző, szabályos térbeli mozaikot képező növénytársulás fejlődését teszi lehetővé.

STANISLAW KULCZYNSKI, az ökoszisztémák kiváló lengyel kutatója 1959-

ben történt osztályozása szerint, dagadólápok két típusra oszlanak: kontinentális és balti típusokra (3. ábra).

A kontinentális típus főleg Lengyelország területén kívül, kisebb csapadékmennyiséggel rendelkező szárazabb éghajlaton fordul elő. Szárazabb időszakban, pl. nyáron a telepek felülete lapos, viszont a nedvesebb tavaszi időjárás hatására a középső, legvastagabb része kidomborodik a tőzegtelep duzzadása miatt. A talajvízszint azonban mindig a tőzeg felülete alatt marad, aminek következtében már a zombékos fázisban megjelenik az erdeifenyő (*Pinus sylvestris* - 4. ábra).

Az ilyen típusú tőzeglápok töredékei Lengyelország északkeleti területein találhatóak, ahol (ebben a tőzegláp típusban) megjelenik a mocsári lúcos (*Sphagno-Piceetum*).

A dagadólápok balti típusa a párolgásnál lényegesen nagyobb, gazdagabb csapadékkal rendelkező, nedvesebb éghajlatra jellemző. Fő jellemzőjük a nagy kiterjedés és a telep felső rétegeinek domború alakja, valamint főként a lencseszerű regenerálódás (5. ábra). Ennek lényege, hogy jellegzetes módon követik egymást térben és időben a zombékok és a szomlyékek, a rajtuk előforduló különböző növénytársulásokkal, főleg tőzegmohával (*Sphagnum*) együtt (3. ábra: 1).

Az ilyen típusú telepeken szintén előfordulhat változó rétegű telep-növekedés, amely a hydrológiai viszonyok időszakos váltakozására, a gyakori őszi vízhiányra utal.

Lengyelországban, az Oxycocco-Sphagnete osztályba hét féle dagadóláp társulást különböztetünk meg, ebben két erdei, a tengermenti, szélsőségesen atlantikus vizes-hangás rétektől (*Erica tetralix*-szel) kezdve (4. kép) boreális-kontinentális és szubarktikus, relikum jellegű, hegyi tőzeglápokig (*Betula nana*-val) több típus fordul elő (2., 3. kép). Lengyelország területén legközismertebb és legelterjedtebb közülük a *Sphagnum magellanicum* társulás (Matuszkiewicz 1981).

Lengyelország középső területein a dagadólápok nagyon ritkák, kisebb, nem egészen tipikusan kialakult foltokat képeznek, főleg *Sphagnetum magellanicum* társulással. Ezek a lápok a vízszint süllyedése, illetve a természetes szukcessziós folyamatok hatására fokozatosan átalakulnak a mocsári fenyves -- *Vaccino uliginosi* - *Pinetum* -- különböző formáivá; megtartva sok, a dagadólápokra jellemző növényfajt, pl. *Ledum palustre*, *Oxy-*

coccus quadripetalus, Andromeda polifolia, Drosera rotundifolia (5. kép) és mások.

Ezen felül az utóbbi években az erősödő antropogén hatásra, amely a tőzegtufa kitermelésében, talajjavítási munkákban, zöldterületek létesítésében, valamint az erdőtelepítésben nyilvánult meg, sok közülük messze-menően megváltozott vagy teljesen tönkrement (6., 7., 8. kép).

Más csoportba sorolhatók az átmeneti lápok alacsonyásos-mohás látszlásai, a Scheuchzerio-Caricetea fuscae (nigrae) osztályból:

Cl. Scheuchzerio-Caricetea fuscae

1. 0. Scheuchzerietalia palustris

All. Rhynchosporion albae

+ Ass. Caricetum limosae

+ Ass. Rhynchosporium albae

All. Caricion lasiocarpae

+ Ass. Caricetum diandrae

- Ass. Caricetum lasiocarpae

- Ass. Caricetum chordorrhizae

- Ass. Caricetum heleonaster

2. 0. Caricetalia fuscae

All. Caricion fusca

+ Ass. Carici-Agrostietum caninae

- Ass. Caricetum fuscae (subalpinum)

- Ass. Bartsio-Caricetum fuscae

3. 0. Caricetalia davallianae

All. Caricion davallianae

+ Ass. Valeriano dioicae - Caricetum davallianae

(Kuhn 1937) Moravec in Moravec et Rybnicková 1964

(= Caricetum davallianae pro p.)

- Ass. Valeriano-Caricetum flavae

- Ass. Orchio-Schoenetum nigricantis

+ a Widawka folyó mentén található (Közép-Lengyelország)

Közülük a Caricetum limosae és Rhynchosporietum albae társulások a Rhynchosporion albae csoporthoz és Scheuchzerietalia palustris asszociációsorozathoz tartoznak -- ezek általában a vizes helyek jellemző, disztrofikus társulásai -- dagadólápok savanyú kémhatású völgyecskéiben fejlődnek ki.

Caricetum limosae főleg Észak-Lengyelországban, leggyakrabban az atlanti és balti típusú dagadólápok regenerációs komplexusában fordul elő, de benövi az állandóan elöntött (elárasztott) völgyecskéket és a dystrofikus és oligotrofikus tavak partjait is.

Közép-Lengyelország területén -- a Widawka-folyó völgyében -- a Caricetum limosae reliktum jellegű, és az ország északi részének florisztikailag leglátványosabb tőzegláp társulásai közé tartozik. A legérdekesebbek közé soroljuk a társulás két jellemző faját: a Carex limosa-t (9. kép) és a nagyon ritka Scheuchzeria palustris-t, valamint a Drosera anglica (10. kép) és Drosera x obovata -- a Drosera rotundifolia természetes hibridjét, valamint Utricularia intermedia-t és más fajokat.

De igazi ritkaságnak számít itt a Carex chordorrhiza (11. kép), az arktikus-boreális zónában előforduló cirkumpoláris faj, amely itt, az ország középső részében, a Widawka-folyó völgyében (Wójcik-helység, Radomsk mellett) (6. ábra: 3) elszakadt előfordulási helye van a kétségtelenül glaciális reliktum jellegű. Itt azonban nem képez külön Caricetum chordorrhizae társulást, amely ritkán ugyan, de megtalálható Lengyelország északkeleti részein.

A Rhynchosporietum albae társulás nem igényel állandó elárasztást, a kiszáradt dagadóláp degenerációs fázisaként fordul elő mélyedésekben, a dagadóláp szélén, a fedetlen tőzegen. Ugyancsak az átmeneti lápokon fejlődik ki.

A társulás jellegzetes fajai a táblaszerűen előforduló Rhynchospora alba, valamint a Lycopodium (Lepidotis) induratum (12. kép), az ország nyugati részén Rhynchospora fusca és Drosera intermedia (13. kép). A társulás jelentős részét az Oxycocco-Sphagnetum osztályba tartozó fajok alkotják.

Az eléggé ritka keskenylevelű sásos társulások közé tartozik a Caricetum diandrae, amely nagyon savanyú, átmeneti lápokot alkot. A társulás

boreális jellegű, erősen elárasztott, alacsony ingoványos láp, uralkodó faja a Carex diandra. Az átmeneti lápok a dagadólápok irányába történő szukcesszió korai stádiumát képezik.

Az alacsonyságos társulások legelterjedtebb képviselője a Caricetalia fuscae (nigrae) rendhez tartozó Carici-Agrostietum caninae társulás, amely benövi a vízzel állandóan elárasztott és tőzezláp jellegű mélyedéseket a réteken, valamint a savas, alacsony és átmeneti jellegű tőzezlápokat egész Lengyelországban. Gyakran antropogén, helyettesítő társulás jellege van, amely az extenzív hasznosítás eredményeként jött létre (kaszáló, legelő-rét).

A társulás jellegzetes fajai közé tartozik a Carex canescens és az Agrostis canina var. stolonifera, valamint a Carex stellulata. A társulás jelentős előfordulási különbségeket mutat, amelynek alapján (a tipikus formán kívül) két változatot különíthetünk el: a nedvesebb helyeket kedvelő Carex rostrata-val, valamint a szárazságtűrőbb Carex panicea-val.

A sík-, eutrofikus, nedves láprétek csoportját (Caricetalia davallianae rendhez tartozó) Közép-Lengyelországban a Caricetum davallianae társulás képviseli, amelyet a Widawka-folyó völgyéből (Herezniak, 1972) Valeriano dioicae -- Caricetum davallianae néven ismertetett és Moravec (1966) osztályozása alapján közép-európai alföldi (szubalpin) közösséghez sorolható.

Ide tartoznak a termékeny, nedves láprétek, amelyeket kalciumkarbonátban dús vizek látják el. Ezek alacsony, tipikusan mészkedvelő növényfajokban gazdag rétek. Rendszerint dominál a Carex davalliana, nedvesebb és mocsarasabb helyeken a Carex dioica. Más fajok közül figyelemreméltóak még: Valeriana dioica, Eriophorum latifolium, Dactylorhiza majalis, Epipactis palustris, Parnassia palustris, Carex diandra és egyéb fajok. Ilyen típusú társulásokban, de szárazabb és erősen deformálódott formációiban előfordulhat még egy ritka szubatlanti faj, a Carex pulicaris (14. kép), amelynek Lengyelországban van keleti elterjedési határa.

Mindamellet a síklápok (ezek Lengyelországban az összes lápterület 89 %-át alkotják) legnagyobb areája a Phragmitetea osztályba tartozó völgyi típusú lápoknak van, amelyek az ország csaknem valamennyi alföldi folyóvölgyében előfordulnak, a Widawka-folyó 100 km-es völgyében is (2., 6. ábra).

Ezek a közönséges, azonális növényi csoportok az úgynevezett nádasok, előfordulási helyük szerint (a folyó völgyében) és az ebből eredő hydro-lógiai-talaji differenciák szempontjából két csoportra oszthatók: Phragmition federációba (13 assz.) tartozó valódi nádasok és magassásos nádasok, az ún. Magnocaricion (16 assz.) - 1. ábra.

A Phragmition federációba tartozó asszociációk az álló vagy lassan folyó eutrófikus vizek partjain találhatók. Ezek florisztikailag szegény aggregációs társulások, amelyekben egy -- az adott társulásra jellemző -- növényfaj dominál.

A Widawka-folyó öblében gyakran a következő nádasok fordulnak elő, kezdve a legnedvesebbekkel:

1. Scirpetum lacustris -- Schoenoplectus lacustris-szal,
2. Equisetum limosi -- Equisetum fluviatilis-szal,
3. Sparganietum erectum -- Sparganium ramosum-mal
4. Phragmitetum communis (15. kép)
5. Typhetum latifoliae
6. Acoretum calami
7. Oenantherorippetum
8. Glycerietum maximae

A Magnocaricion federációba tartozó magassásos nádas társulások magasabb helyeket foglalnak el, mint a Phragmitetea osztályba tartozó valódi nádasok, ritkábban és rövidebb ideig árasztja el őket a víz.

Sok közülük a tőzeget termelő társulás, amely sásos tőzeget termel.

Magassásos nádasok a völgyek szélei felé haladva érintkeznek a Scheuchzeria-Caricetea fuscae (nigrae) osztályba tartozó sík- és átmeneti lőpók alacsonyásos társulásaival, Molinietalia rendbe tartozó nedves rétekkel, valamint néha az alnetea glutinosae osztályba tartozó égeres erdő-társulásokkal (1. ábra).

A Widawka-folyó völgyében és Közép-Lengyelországban leggyakrabban található fajok közé az alábbiak tartoznak:

1. Caricetum acutiformis
2. Caricetum paniculatae
3. Caricetum rostratae
4. Caricetum appropinquatae
5. Caricetum gracilis

6. *Caricetum vesicariae*

7. *Phalaridetum arundinaceae* - *Typhoides arundinacea*

A természetkutatók által jól ismert, hogy a tőzeglápok minden ország számára kincset jelentenek, mivel óriási szerepet játszanak mind a természetben, mind a gazdaságban.

Lengyelország a tőzeglápok gyakorisága szerint a leggazdagabb országok közé tartozik, (mint már említettem, az ország összterületének 4,1 %-a, 18 millió m³ a tőzeg készlet).

Azonban Európa többi országához hasonlóan (Hollandia, Dánia, NSZK) nálunk is gyorsan halad a tőzeglápok megsemmisítése az egyre erősödő intenzív mezőgazdaság és az ipar terjeszkedésének hatására (8. kép).

Jelenleg már egymillió hektáron felül (összterületük 82 %-án) alakul azoknak a tőzegláp területeknek a nagysága, amelyek az emberi gazdálkodás befolyása alá kerülnek.

Számítások szerint (Jasnowski, 1978) a meliorációs (talajrendezési) munkák ilyen gyors üteme mellett a XX. század végéig Lengyelország tájképéből eltűnik az összes természetes tőzegláp, és ez más országokra is vonatkozik (pl. Svédország, Finnország stb.). Minden egyes vízelvonás vagy más emberi gazdasági tevékenység a tőzeglápokban visszafordíthatatlan ökológiai és fiziognómiai változásokat, de mindenekelőtt a szűk ökológiai skálával rendelkező ritka növényfajok kipusztulását okozza.

A tőzeglápok növényfajainak kipusztulási tempója nagyon gyors ütemű.

A lengyelországi alföldi tőzeglápok flórájának analíziséből kitűnik, hogy a tőzeglápok 309 természetes fajának több mint a felét (172 faj = 55,7 %) valamilyen mértékben kipusztulás fenyegeti (Janowska J., Jasnowski M. 1977).

Ezeket a fajokat négy csoportra osztották fel:

I. Kipusztuló fajok, legnagyobb mértékben veszélyeztetettek, 22 növényfaj, a tőzeglápok flórájának 7,1 %-a, többek között az *Utricularia (neglecta) australis* (16. kép), *Schoenus nigricans.*

II. Erősen veszélyeztetett fajok száma 35, ez 11,3 %, többek között az *Utricularia intermedia*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex pulicaris* (14. kép), *C. chordorrhiza* (11. kép).

III. Veszélyeztetett fajok száma 61, ez 19,7 %, ezek közül a *Parnassia palustris*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Hottonia palustris*, *Empetrum nigrum*,

Veronica longifolia, *Utricularia minor*, *Senecio palustre*, *Cirsium rivulare*, *Butomus umbellatus*, *Triglochin maritima*, *Eriophorum latifolium*, *Blysmus compressus*, *Rhynchospora alba*, *Cladium mariscus*, *Carex dioica*, *C. davalliana*, *C. diandra*, *C. limosa* (9. kép), *Calamagrostis neglecta*, *Calla palustris*.

IV. Jogilag védett fajok. Az Erdészeti és Fafeldolgozási Miniszter 1983. április 30-án kiadott új rendelete alapján a számuk 33-ról 54-re emelkedett, ez a tőzezlápok növényfajainak 17,5 %-át képezi.

Vannak közöttük többek között relikturn jellegű nyírfaj fajok, mint a *Betula* (3. kép), *B. humilis* (17. kép), a rovarfogó harmafű (*Drosera* - 5., 10., 13. kép) összes fajai, *Orchideaceae* család fajai, valamint az *Equisetum telmateia* (maximum), *Tofieldia calyculata* (18. kép), *Erica tetralix* (14. kép), *Myrica gale*, *Gladiolus imbricatus*, *Lonicera periclymenum*, *Iris sibirica* és mások.

A lápterületek és egyedi flórájuk megmentésének legjobb és tulajdonképpen egyedüli formája -- a jogi, rezervátumszerű -- védettség.

Jelenleg (Terminarz 1987) Lengyelországban 74 láprezervátum létezik, a területük 5.324 ha, ami az ország összes lápterületének 0,41 %-a. Ezek leggyakrabban kis területű rezervátumok. Viszonylag legjobban védettek az átmeneti lápok, ezek a rezervátumok 61,5 %-át teszik ki, de az ország összes lápterületének csaknem egészen 4 %-át alkotják.

Nem úgy a síklápok, melyek Lengyelországban a leggyakoribbak (a síklápok összterületének + 89 %) mégis csak 12,0 %-ban védettek.

Viszonylag nagy rezervátum területtel rendelkeznek a lagadólápok (25,5 %), annak ellenére, hogy az összes lápterületnek csak 6,5 %-át alkotják (2. tábla).

Az arányok rendezése céljából és egy racionális rezervátum hálózat létrehozása érdekében, 156 (közel 10 ezer ha összterületű) új rezervátumok létesítését tervezik. Ezek védettsége tenné lehetővé a különböző típusú lápterületek fennmaradását és a veszélyeztetett növénytársulások megtartását (6. ábra).

A tervezett jogi védelem alá eső tőzezlápok hálózata mellett a Lengyelország területén fekvő, 16 ezer ha területtel rendelkező Biebrza folyó völgyében elterülő mocsarakat is a Nemzeti Park rangjára kívánják emelni.

Ez az Európa-szerte legpompásabb, modellszerű tőzezláp terület, amely egyedi szépségével és megismételhetetlen gazdagságával egyedülálló lesz Lengyelország első tőzezláp Nemzeti Parkja és ezáltal felkerül a Bioszféra Rezervátumok listájára (Jasnowski 1978) - 6. ábra: XX-35.

Tab. 1.

Peatlands in Poland
Source M. Jasnowski (1978)

Lengyel- ország (Poland)	Percent of conversion into peat %	Distribution of peatlands			Area of peatland	
		number	%	ha	%	average size in hectares
Northern	7,7	36.498	74,2	826.773	64,9	22,7
Central	3,2	11.873	24,3	424.664	33,0	35,6
Southern	0,4	774	1,5	26.757	2,1	34,5
Total	4,1	49.145	100,0	1.278.194	100,0	26,0

Tab. 2

Typological differentiation of the network
of peatland reserves in Poland
Source M. Jasnowski (1978)

- peatland - type - subtype	reserves					
	legally established				projected	
	num- ber	%	ha area	%	num- ber	ha area
FENS	30	31,5	649,65	12,0	79	5.911,0
- rushes	5	5,2	217,01	4,0	12	2.740,0
- moss	9	9,4	194,39	3,5	36	1.641,0
- wet alder woods	14	14,8	233,37	4,3	17	1.262,0
- spring mire	2	2,1	4,58	0,2	14	268,0
TRANSITION PEATBOGS	34	35,7	3.409,77	62,5	30	907,0
- moss and sedge	31	32,6	1.180,02	21,7	23	655,0
- birch	3	3,1	2.228,85	40,8	7	252,0
RAISED PEATBOGS	31	32,8	1.308,86	25,5	47	2.776,0
- moss	11	11,6	349,10	6,4	26	991,0
- heath	2	2,1	99,85	1,8	11	1.015,0
- coniferous woodland on mire	18	19,1	959,91	17,3	10	770,0
TOTAL	95	100,0	5.448,28	100,0	15	9.594,0